

APRIL 7, 2025

## *Comprendiendo los Micronutrientes y los Vegetales de Invernadero*

» Los cultivos de hortalizas necesitan micronutrientes en pequeñas cantidades, pero estos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas.

» Los niveles de micronutrientes pueden causar síntomas de deficiencia o toxicidad en las plantas si se encuentran fuera de su rango óptimo.

Las plantas absorben elementos de su entorno para utilizarlos en su crecimiento y funciones metabólicas. Los diecisiete elementos esenciales utilizados por las plantas se dividen en macronutrientes —elementos necesarios en cantidades relativamente grandes— y micronutrientes —elementos requeridos en cantidades relativamente pequeñas. Los macronutrientes incluyen carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg). Los micronutrientes incluyen hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), cobre (Cu), cloro (Cl) y níquel (Ni).<sup>1</sup>

Las plantas obtienen la mayoría de sus micronutrientes del suelo o de soluciones nutritivas absorbidas por el sistema radicular.<sup>1</sup>

El término “micronutriente” no implica que estos elementos sean menos esenciales que los macronutrientes, sino que se requieren en menores cantidades para el crecimiento normal de las plantas.<sup>3</sup>

Mientras que los macronutrientes individuales constituyen entre el 0.4 y el 90% del peso seco de los tejidos vegetales, los micronutrientes normalmente representan el 0.02 % o menos.<sup>1</sup>

En los sistemas hidropónicos, la mayoría de los micronutrientes se suministran en las soluciones nutritivas; sin embargo, algunos nutrientes pueden provenir del medio en el que crecen las raíces (por ejemplo, mezcla para macetas, arena, grava, fibra de coco).<sup>1</sup> La disponibilidad de nutrientes en una forma que las plantas puedan absorber depende, en parte, del pH de la solución, siendo algunos nutrientes más disponibles en condiciones ácidas (pH bajo) y otros en condiciones alcalinas (pH alto) (Figura 1). Las plantas generalmente absorben nutrientes en proporción a sus concentraciones en la solución. No obstante, la abundancia excesiva de algunos nutrientes puede inhibir la absorción de ciertos otros nutrientes. Por ejemplo, cantidades excesivas de Ca pueden inhibir la absorción de Mg y B.<sup>1</sup>

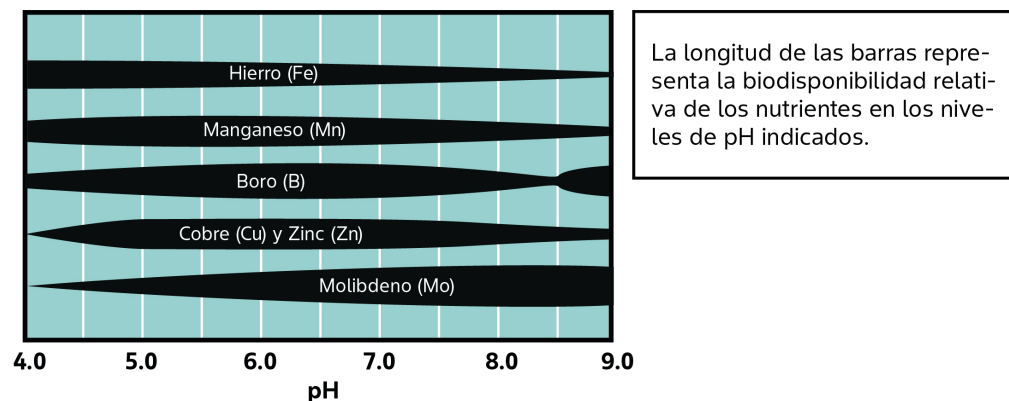


Figura 1. El efecto del pH sobre la disponibilidad relativa de los micronutrientes para las plantas.

La ubicación de los síntomas de deficiencia de nutrientes en las plantas se ve afectada por la movilidad de los elementos dentro de la planta. Un elemento que es altamente móvil (fácil de mover para la planta) puede ser trasladado desde tejidos más viejos hacia tejidos jóvenes en desarrollo si los niveles en la planta son insuficientes. Por lo tanto, para estos elementos, los síntomas suelen desarrollarse primero en los tejidos más viejos. Por el contrario, los síntomas suelen aparecer primero en los tejidos jóvenes cuando se trata de elementos que no son muy móviles en la planta.<sup>1,2,3</sup>

# MICRONUTRIENTES

**Hierro (Fe):** El hierro se utiliza en reacciones de oxidación/reducción en las células involucradas en la fotosíntesis y la respiración. El hierro se emplea en la formación de la molécula de clorofila, la división y el crecimiento celular, y la fijación de nitrógeno en leguminosas.<sup>1,2,4</sup>

El hierro es más disponible en condiciones de pH bajo, y los síntomas de deficiencia pueden desarrollarse en soluciones con pH alto. Las temperaturas elevadas y los niveles altos de P, Cu, Mn y/o Zn pueden resultar en deficiencia de Fe.<sup>5,6</sup>

Los síntomas de deficiencia de Fe incluyen clorosis internervial en las hojas, con el área clorótica volviéndose blanqueada y necrótica con el tiempo. El Fe no es muy móvil en la planta, por lo que los síntomas usualmente se desarrollan primero en hojas y tallos jóvenes. Las deficiencias sospechosas de Fe deben verificarse mediante un análisis foliar. Generalmente, las deficiencias pueden corregirse ajustando los niveles de pH y equilibrando el contenido de nutrientes en la solución de riego. Aplicaciones foliares de Fe quelatado pueden ayudar a corregir temporalmente un problema de deficiencia de Fe.<sup>1,4</sup>

**Manganeso (Mn):** El manganeso se utiliza para ayudar a activar enzimas involucradas en procesos de crecimiento, metabolismo, transferencia de fosfato y el sistema de transporte de electrones de la fotosíntesis. La absorción de Mn puede verse afectada por concentraciones elevadas de Ca y Mg. Su disponibilidad también se reduce en condiciones demasiado ácidas o demasiado alcalinas.<sup>1,2,4,5</sup>

El manganeso es relativamente inmóvil en las plantas, por lo que los síntomas de deficiencia suelen desarrollarse primero en las hojas y tallos más jóvenes. Las regiones internerviales de las hojas se vuelven cloróticas con moteado de color gris a negro. En algunos casos, los síntomas pueden aparecer primero en hojas más viejas. Las plantas afectadas pueden presentar una decoloración verde oliva.<sup>1,2,4,5</sup> Niveles elevados de Mn pueden causar síntomas de toxicidad que son similares a los síntomas de deficiencia.<sup>2,4,5</sup> Para manejar las deficiencias de Mn, es importante corregir el pH de la solución nutritiva. Las aplicaciones foliares de fertilizantes con Mn pueden ayudar a corregir temporalmente las deficiencias; sin embargo, algunas formas de Mn (como  $\text{MnO}_4$ ) son insolubles y pueden no ser efectivas como fertilizante.<sup>1,5,6</sup>

**Zinc (Zn):** El zinc actúa como cofactor-activador enzimático y está involucrado en el control del regulador de crecimiento vegetal ácido indolacético. El Zn influye en la formación de carbohidratos, incluido el almidón y la producción de semillas. La disponibilidad de Zn se reduce en niveles de pH muy bajos o muy altos. Altos niveles de P también pueden causar deficiencia de Zn en las plantas.<sup>4,5,6</sup>

El Zn no es altamente móvil en las plantas, y los síntomas de deficiencia tienden a aparecer primero en las hojas más jóvenes. Las hojas afectadas muestran clorosis internervial, distorsión y bordes arrugados. Algunas plantas pueden presentar entrenudos acortados, dándoles una apariencia achaparrada.<sup>2,4</sup> Los fertilizantes que contienen Zn incluyen quelato de zinc, óxido de zinc, oxi-sulfato de zinc, poliflavonoides de zinc y sulfato de zinc.<sup>6</sup>

**Boro (B):** El boro está involucrado en la actividad de la membrana celular, la división celular, la diferenciación de células del meristemo, la síntesis de proteínas, la formación de la pared celular y el crecimiento del tubo polínico.<sup>1,2,4</sup> La absorción de B no se comprende completamente, pero puede verse afectada por concentraciones elevadas de Ca, K y N, siendo la proporción de Ca a B la más importante.<sup>4,6</sup> Las respuestas a las concentraciones de B varían según el cultivo, siendo las Brassicáceas y los cultivos de raíz los más sensibles.<sup>5,6</sup>

El boro no es muy móvil en las plantas, y los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas y tallos más jóvenes. Las deficiencias a menudo resultan en la descomposición de los tejidos del punto de crecimiento y en entrenudos acortados, lo que da lugar a la formación de una roseta. Las puntas de las hojas se vuelven cloróticas y luego necróticas. Algunos cultivos presentan una decoloración oscura de los tejidos internos o el desarrollo de tallos huecos. Niveles altos de B pueden ser tóxicos, causando manchas amarillas y necróticas en los márgenes de las hojas y una reducción del crecimiento radicular.<sup>1,2,4,5</sup> Los fertilizantes que contienen Boro incluyen bórax y ácido bórico.<sup>6</sup>

**Molibdeno (Mo):** El molibdeno está involucrado en la reducción y fijación de nitratos, y afecta la formación del polen.<sup>1,2</sup> Las plantas solo necesitan Mo en cantidades muy pequeñas, y las deficiencias son raras si el pH es superior a 6.0.<sup>5,6</sup>

Los síntomas de deficiencia de Mo incluyen clorosis de las hojas, enrollamiento, curvatura o quemaduras en los márgenes, y marchitamiento o arrugamiento de las hojas jóvenes. Las Brassicáceas pueden mostrar formación irregular del limbo foliar y el desarrollo de “cola de látigo” en hojas jóvenes. La toxicidad por Mo es rara.<sup>2,4,5</sup> Los fertilizantes que contienen Mo incluyen molibdato de amonio, trióxido de molibdeno, dióxido de molibdeno y molibdato de sodio.<sup>6</sup>

**Cobre (Cu):** El cobre participa en la fotosíntesis, la respiración, la activación enzimática, el metabolismo y la síntesis de lignina. La absorción de Cu se ve afectada por los niveles de Zn y el pH. Las deficiencias de Cu son poco comunes.<sup>1,2,4,5</sup>

Los síntomas de deficiencia incluyen clorosis y muerte regresiva de las hojas más jóvenes, marchitez y coloración azul verdosa, y cierta elongación de las hojas.<sup>2,4,5</sup>

Existen muchos fertilizantes que contienen Cu, entre ellos sulfatos de cobre, quelatos de cobre, fosfato amoniacal cúprico, cloruro cúprico, óxido cúprico, óxido cuproso y poliflavonoides de cobre.<sup>6</sup>

**Cloro (Cl):** El cloro ayuda a regular el equilibrio de carga en las células y puede estar involucrado en la fotosíntesis y la regulación del turgor celular.<sup>1,4</sup> El exceso de Cl es más común que su deficiencia. El uso de fertilizantes sin cloro puede ayudar a mantener niveles bajos de Cl.<sup>1,4,6</sup>

**Níquel (Ni):** Se cree que el níquel está involucrado en el metabolismo del nitrógeno y en la fijación biológica. Las deficiencias pueden causar clorosis y necrosis en las puntas de las hojas.<sup>4</sup>

## MANEJO DE LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Requerimientos nutricionales de los cultivos (CRN) varían según la especie del cultivo, la etapa de crecimiento de la planta y la tasa de crecimiento. La mayoría de los cultivos hortícolas deben recibir niveles bajos a moderados de nutrientes en las etapas iniciales, con concentraciones que aumentan gradualmente a medida que avanza la temporada. La calidad del agua utilizada para riego/soluciones nutritivas puede afectar la disponibilidad de nutrientes. Por lo tanto, el agua debe analizarse periódicamente para determinar el pH, la alcalinidad, la conductividad eléctrica (CE) y las concentraciones de nutrientes, comenzando antes de la siembra del cultivo y realizando los análisis al menos cada dos semanas (en la solución de alimentación y drenaje).

Las sospechas de deficiencias o toxicidades de nutrientes deben verificarse mediante análisis foliar, utilizando los tejidos específicos recomendados por el laboratorio de análisis. Asimismo, se deben monitorear los niveles de nutrientes, pH y CE tanto en la solución fuente como en la zona radicular para ayudar a detectar posibles problemas nutricionales. Las aplicaciones foliares de algunos nutrientes pueden utilizarse para complementar la absorción de nutrientes por las raíces, pero lo ideal es corregir primero los desequilibrios nutricionales y los problemas de pH en la solución nutritiva.

Los productores deben consultar con su especialista de confianza o con un asesor de cultivos para ayudar a mitigar y corregir cualquier deficiencia o toxicidad de nutrientes sospechada.<sup>3,5</sup>

# FUENTES

1. Sanchez, E., Di Gioia, F., Berghage, R., Flax, N., and Ford, T. 2023. Hydroponics systems and principles of plant nutrition: Essential nutrients, function, deficiencies, and excess. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/hydroponics-systemsand-principles-of-plantnutrition-essential-nutrients-function-deficiency-andexcess#:~:text=Macronutrients%20include%20carbon%2C%20hydrogen%2C%20oxygen,the%20amount%20requir>
2. Taber, H. and Nair, A. 2016. Suggested soil micronutrient levels and sampling procedures for vegetable crops. Iowa State University Extension and Outreach, HORT 3063. <https://www.extension.iastate.edu/vegetablelab/suggested-soilmicronutrient-levels-andsampling-procedures-vegetable-crops>.
3. Nutrition of greenhouse crops. Purdue University. <https://www.purdue.edu/hla/sites/cea/wpcontent/uploads/sites/15/2021/01/Nutritionof-greenhouse-crops.pdf>.
4. Hochmuth, G. 2022. Fertilizer management for greenhouse vegetables—Florida greenhouse vegetable production handbook, vol 3. University of Florida IFAS Publication #HS787. <https://doi.org/10.32473/edis-cv265-1990>.
5. Vitosh, M. 2015. Secondary and micro-nutrients for vegetable and field crops. Michigan State University, MSU Extension, Bulletin E486.  
  
[https://www.canr.msu.edu/resources/secondary\\_and\\_micro\\_nutrients\\_for\\_vegetable\\_and\\_field\\_crops\\_e486](https://www.canr.msu.edu/resources/secondary_and_micro_nutrients_for_vegetable_and_field_crops_e486).
6. Micronutrients. Clemson University. <https://www.clemson.edu/public/regulatory/ag-srvclab/soiltesting/pdf/micronutrients.pdf>.

Sitios web verificados el 03/04/2025

## INFORMACIÓN ADICIONAL

El rendimiento puede variar según la ubicación y el año, ya que las condiciones locales de cultivo, suelo y clima pueden ser diferentes. Los cultivadores deben evaluar los datos de múltiples ubicaciones y años siempre que sea posible y considerar los impactos de estas condiciones en su entorno de cultivo. Las recomendaciones de este artículo se basan en la información obtenida de las fuentes citadas y deben usarse como una referencia rápida para obtener información sobre la producción en invernadero. El contenido de este artículo no debe sustituir la opinión profesional de un productor, cultivador, agrónomo, patólogo u otro profesional que se ocupe de este cultivo específico.

EL GRUPO BAYER NO GARANTIZA LA EXACTITUD DE CUALQUIER INFORMACIÓN O CONSEJO TÉCNICO AQUÍ PROPORCIONADO Y RECHAZA TODA RESPONSABILIDAD POR CUALQUIER RECLAMO RELACIONADO CON DICHA INFORMACIÓN O CONSEJO.



5013\_537050 Publicado el 03/04/2025